



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08195972 A**(43) Date of publication of application: **30 . 07 . 96**

(51) Int. Cl. **H04Q 3/52**
H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/02
H04B 10/08

(21) Application number: **07003194**(22) Date of filing: **12 . 01 . 95**(30) Priority: **16 . 11 . 94 JP 06281706**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **KUROYANAGI TOMOJI**
HIRONISHI KAZUO
MAEDA TAKUJI

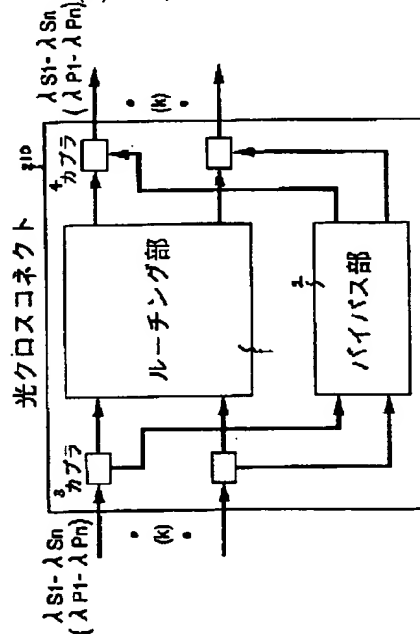
(54) **OPTICAL CROSS-CONNECTION AND
WAVELENGTH DIVISION TYPE OPTICAL
TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an optical cross-connection and a wavelength division type optical transmission system using it capable of reducing the number of required optical devices or the number of required wavelengths.

CONSTITUTION: This cross-connection houses plural wavelength multiplex optical transmission lines and is provided with a routing part 1 and a bypass part 2. The routing part 1 switches the wavelength of optical signals which arrive in the active wavelength to the desired wavelength of a desired outgoing highway, converts the wavelength of the optical signals made to flow through the transmission line to the reserve wavelength, bypasses them to a normal route, returns the wavelength of the optical signals which arrive in the reserve wavelength to the active wavelength and switches them to a prescribed route. The bypass part 2 switches the optical signals which arrive in the reserve wavelength to the prescribed route in the wavelength as it is.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 1 9 5 9 7 2

(43) 公開日 平成8年(1996)7月30日

| | | | | |
|----------------------------|------|----------|--------------|------------------|
| (51) Int. Cl. ^a | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 4 Q 3/52 | C | 9566-5 G | | |
| | B | 9566-5 G | | |
| H 0 4 J 14/00 | | | H 0 4 B 9/00 | E |
| | | | | T |
| 審査請求 未請求 請求項の数 9 | | | O L | (全 2 7 頁) 最終頁に続く |

(21) 出願番号 特願平7-3194

(22) 出願日 平成7年(1995)1月12日

(31) 優先権主張番号 特願平6-281706

(32) 優先日 平6(1994)11月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 黒柳 智司

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 廣西 一夫

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 前田 卓二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 林 恒徳

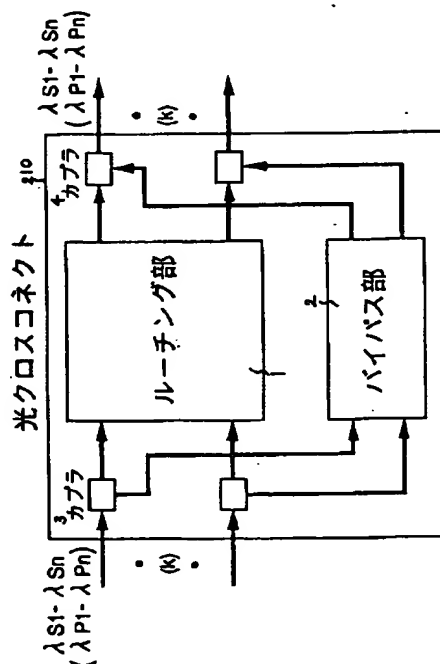
(54) 【発明の名称】 光クロスコネクタ及びこれを用いた波長分割型光伝送システム

(57) 【要約】

【目的】 所要光デバイスの個数あるいは所要波長数を少なくできる光クロスコネクタ及びこれを用いた波長分割多重型光伝送システムを提供する。

【構成】 複数の波長多重光伝送路を収容するクロスコネクタにおいて、ルーチング部とバイパス部を備え、ルーチング部は、入ハイウェイから現用波長で来た光信号の波長を所望の出ハイウェイのかつ所望の波長にスイッチングし、光伝送路の障害が発生した場合に、伝送路を流れていた光信号の波長を予備の波長に変換して、正常なルートに迂回させ、且つ予備波長で入ってきた光信号の波長を現用の波長に戻して所定のルートにスイッチングし、バイパス部は、予備波長で入ってきた光信号をそのままの波長で所定のルートにスイッチングする。

光クロスコネクタの構成



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の波長多重光伝送路を収容するクロスコネクタにおいて、ルーチング部とバイパス部を備え、該ルーチング部は、入ハイウェイからの現用波長の光信号の波長を所望の波長に変換して、且つ、所望の出ハイウェイに出力し、光伝送路の障害が発生した場合に、該伝送路を流れていた光信号の波長を予備の波長に変換して、正常なルートに迂回させ、且つ該予備波長で入力した光信号の波長を現用波長に戻して所定のルートに出力し、

該バイパス部は、該予備波長で入力した光信号をそのままの波長で所定のルートに出力するように構成されたことを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 2】請求項 1 において、前記ルーチング部は、マトリクスの各クロスポイント上に n 個の可変波長フィルタと n 個の可変波長変換器からなる波長スイッチを有して構成されたことを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 3】請求項 1 において、前記ルーチング部は、マトリクスの各クロスポイント上に 1 個の波長フィルタと 1 個の波長変換器からなるスイッチエレメントを有するスイッチモジュールを 2 個縦続して構成されたことを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 4】請求項 1 において、前記バイパス部は、マトリクスの各クロスポイント上に 1 つの多波長選択フィルタを有して構成されたことを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 5】請求項 1 において、前記バイパス部は、各入ハイウェイ毎に 1 個の多波長選択フィルタと、該多波長選択フィルタの出力が接続される光空間スイッチを有して構成されたことを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 6】請求項 1 乃至 5 の光クロスコネクタ、該光クロスコネクタの前段に接続され、複数の可変波長フィルタを備える分岐部、後段部に接続され、複数の可変波長変換器を備える挿入部と、光／電気変換及び電気／光変換機能を有する各電気クロスコネクタを有し、該分岐部は、各入ハイウェイからの波長多重光信号を該複数の可変波長フィルタを通して該電気クロスコネクタに送出し、

該挿入部は、該電気クロスコネクタからの光信号を該複数の可変波長変換器を通して出ハイウェイに送出するように構成されたことを特徴とする波長分割多重型光伝送システム。

【請求項 7】請求項 6 において、各光伝送路の入出力側に可変波長フィルタとモニターからなる光信号断検出部を備え、光伝送路の障害及び伝送システム装置の障害を検出し、正常なルートへの迂回を制御するように構成されたことを特徴とする波長分割多重型光伝送システム。

【請求項 8】請求項 1 において、前記ルーチング部は、入出力ハイウェイの数を k とし、現用及び予備波長数を各々 n とし波長多重数が $2n$ である場合、 $2nk$ 個の固定波長フィルタと、一段目に備えられる k 個の $2n \times 3n$ 光スイッチと、二段目に備えられる $3n$ 個の $k \times k$ 光スイッチと、三段目に備えられる k 個の $3n \times 2n$ 光スイッチと、該三段目の光スイッチに従続する $2nk$ 個の固定波長変換器を有して構成されることを特徴とする光クロスコネクタ。

【請求項 9】請求項 1 において、前記ルーチング部は、入出力ハイウェイの数を k とし、現用及び予備波長数を各々 n とし波長多重数が $2n$ である場合、 $2nk$ 個の固定波長フィルタと、一段目に備えられる n 個の $2k \times 2k$ 光スイッチと、二段目に備えられる $2k$ 個の $n \times n$ 光スイッチと、三段目に備えられる n 個の $2k \times 2k$ 光スイッチと、該三段目の光スイッチに従続する $2nk$ 個の固定波長変換器を有して構成されることを特徴とする光クロスコネクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光クロスコネクタ及びこれを用いた波長分割多重型光伝送システムに関する。特に、セルフヒーリング機能を有した波長分割多重型光伝送システムの為の光クロスコネクタ構成法に関する。

【0002】

【従来の技術】情報の高速化、大容量化に伴い、光技術を用いた伝送システムが将来の広帯域伝送システムとして期待されている。従来は、時分割多重度を上げることで、光伝送路および伝送システムの小型化、経済化がなされてきたが、速度的に限界が来ている。

【0003】一方、伝送容量の大容量化に伴い、光伝送路障害は多大な影響を与える。従って障害によって切断された情報を正常な光伝送路に迂回させ障害回復をはかること（セルフヒーリング）が必要である。これらの一解決策として、波長分割多重（WDM:Wavelength-Division Multiplexing）技術を導入した構成が有望視されている。

【0004】ここで、光技術を用いると言う場合、伝送システムにおいて、全てを光信号化することを意味するものではなく、電気処理との融合形態を意味するものである。その全体構成の一般的な例を図 35 に示す。このような伝送システムの構成では、光クロスコネクタ 210、電気クロスコネクタ 211、分岐部 212 及び挿入部 213 からなる。

【0005】光クロスコネクタ 210 は波長単位でのスイッチングを行う。具体的には、任意の入ハイウェイの且つ任意の波長の光信号を、任意の出ハイウェイの且つ任意の波長に変換するものである。電気クロスコネクタ

211は、波長内において時分割多重された信号の処理を行うものである。

【0006】また、分岐部212は、入ハイウェイから現用の波長 $\lambda_{S1} \sim \lambda_{Sn}$ 、及び予備の波長 $\lambda_{P1} \sim \lambda_{Pn}$ を入力し、所定の波長の光信号 λ_{Si} または λ_{Pi} を選択し、電気クロスコネクタ211に入力する。挿入部213は、電気クロスコネクタ211からの光信号 λ_0 を所定の波長に変換して出ハイウェイに送出するものである。

【0007】一方、波長分割多重技術を導入したセルフヒーリングとして、予備の波長を用いる方式がある。その動作原理を図36に示す。光クロスコネクタ(OXC: Optical Cross-Connect)220から光クロスコネクタ(OXC-C)222、光クロスコネクタ(OXC-E)224のパスで、現用の波長 $\lambda_{S1} \sim \lambda_{Sn}$ の光信号 $a_1 \sim a_n$ を送信している時に、光クロスコネクタ(OXC-A)220と光クロスコネクタ(OXC-C)222の間の光伝送路に障害が起きた場合を考える。

【0008】この場合、光クロスコネクタ(OXC-A)220は予備の波長 $\lambda_{P1} \sim \lambda_{Pn}$ を使って光クロスコネクタ(OXC-B)221を経由して光クロスコネクタ(OXC-E)222に光信号を迂回させる。

【0009】図37～図40に従来の光クロスコネクタの構成例を示す。図37の構成例(タイプA)は、各入ハイウェイ毎の波長分離器(WDMUX: Wavelength Demultiplexer)230、 $2nk \times 2nk$ の光空間スイッチ231、各出ハイウェイ毎の波長多重器(WMUX: Wavelength Multiplexer)232からなる。

【0010】波長分離器230は、 $2n$ 個の固定波長フィルタFFIL(Fixed Wavelength Filter)、波長多重器232は、 $2n$ 個の固定波長変換器FCNV(Fixed Wavelength Converter)からなる。波長分離器230で波長を分離し、光空間スイッチ231で所望の出リンクにルーティングし、波長多重器232で所定の波長に変換する。

【0011】図38の構成例(タイプB-1)は、各入ハイウェイ毎の波長スイッチ(λ Switch)240、 $k \times k$ の光カプラ241、各出ハイウェイ毎の波長スイッチ242からなる。前段の波長スイッチ240は、 $2n$ 個の固定波長フィルタFFILと $2n$ 個の固定波長変換器FCNVからなり、後段の波長スイッチ242は、 $2n$ 個の可変波長フィルタTFIL(Tunable Wavelength Filter)と $2n$ 個の固定波長変換器FCNVからなる。

【0012】前段の波長スイッチ240で $2nk$ 個の光信号(波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{sn} \times k$ 、 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{pn} \times k$ の光信号)を各々異なる波長に変換し、カプラ241でそれらを合流し、全ての出リンクに分配する。そして後段の波長スイッチ242で所望の波長を選択し、所定の波長に変換する。

【0013】図39の構成例(タイプB-2)は、各入

ハイウェイ毎の波長スイッチ250、 $k \times k$ の光カプラ251、各出ハイウェイ毎の波長スイッチ252からなる。前段の波長スイッチ250は、 $2n$ 個の固定波長フィルタFFILと $2n$ 個の可変波長変換器TCNV(Tunable Wavelength Converter)からなり、後段の波長スイッチ252は $2n$ 個の固定波長フィルタFFILと $2n$ 個の固定波長変換器FCNVからなる。

【0014】前段の波長スイッチ250で $2nk$ 個の光信号に対して、行き先の出リンクに応じて波長を変換し、カプラ251でそれらを合流し、全ての出リンクに分配する。そして後段の波長スイッチ252で所定の波長を選択し、所定の波長に変換する。

【0015】図40に示すクロスコネクタの従来構成例(タイプC)は、各入ハイウェイの現用及び予備用の波長多重信号(現用: $\lambda_{W1} \sim \lambda_{Wn}$ 、予備用: $\lambda_{R1} \sim \lambda_{Rn}$)を波長毎に振り分ける $2nk$ 個の固定波長フィルタ(FFIL)260、3段の光スイッチ回路261～263(一段目: k 個の $2n \times 4n$ 光スイッチ261、二段目: $4n$ 個の $k \times k$ スイッチ262、三段目: k 個の $4n \times 2n$ 光スイッチ263)及び、三段目の k 個の $4n \times 2n$ 光スイッチ263からの各出ハイウェイの現用及び予備用の波長信号(現用: $\lambda_{W1} \sim \lambda_{Wn}$ 、予備用: $\lambda_{R1} \sim \lambda_{Rn}$)に合成する $2nk$ 個の波長変換器(FCNV)264からなる。これにより、光スイッチで各波長信号を所望の出リンクにルーティングし、波長変換器で所定の波長に変換する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】かかる従来の光クロスコネクタの構成において、図37に示すタイプAの構成では、使用する波長数は $2n$ 個であるが、 $4n^2 k^2$ 個の光スイッチが必要であり、ハード量が大きくなってしまったといった問題がある。

【0017】一方、図38、図39に示すタイプBの構成では、 $4nk$ 個の波長フィルタと $4nk$ 個の波長変換器で済むが、使用する波長数が $2nk$ と多くなり、波長デバイスへの要求特性が厳しくなるといった問題がある。

【0018】更に図40に示すタイプCの構成例では、完全なノンブロック構成にするために中間段(二段目)の光スイッチの数を $4n$ にする必要があり、上記他の例と同様に、ハード量が大きくなってしまったといった問題がある。即ち、 $4n$ にする理由は、Closの定義から計算できる。一段目の光スイッチに入ってくる光信号の数が $2n$ 、三段目の光スイッチに出ていく光信号の数も $2n$ であり、同時にこの2つの状態となるパス接続が存在するため、これらを加算して $4n$ 必要となる。

【0019】したがって、本発明は、かかる従来の構成における問題を解決する光クロスコネクタ及びこれを用いた波長分割多重型光伝送システムを提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段及び作用】上記の従来例の問題点を解決する本発明にしたがう光クロスコネクットの基本構成は、ルーチング部とバイパス部を備え、ルーチング部は、入ハイウェイからの現用波長の光信号の波長を所望の波長に変換して、且つ、所望の出ハイウェイに出力し、光伝送路の障害が発生した場合に、この伝送路を流れていた光信号の波長を予備の波長に変換して、正常なルートに迂回させ、且つ予備波長で入ってきた光信号の波長を現用波長に戻して所定のルートに出力する。

【0021】更に、前記バイパス部は、予備波長で入力した光信号をそのままの波長で所定のルートに出力するように構成される。

【0022】具体的特徴として、前記ルーチング部は、マトリクスの各クロスポイント上に n 個の可変波長フィルタと n 個の可変波長変換器からなる波長スイッチを有して構成される。これにより、各波長スイッチの可変波長スイッチで現用及び予備波長の波長多重光信号の中から所望の波長を選択し、所望の波長に変換できる。

【0023】更に、別の特徴として、前記ルーチング部は、マトリクスの各クロスポイント上に 1 個の波長フィルタと 1 個の波長変換器からなるスイッチエレメントを有するスイッチモジュールを 2 個縦続して構成される。

【0024】この場合、一段目のスイッチモジュールのスイッチエレメントで現用及び予備波長の波長多重光信号の中から所望の波長選択し、モジュール間のリンク上で波長が重複しないように各々異なる波長に変換する。

【0025】そして、2 段目の各スイッチモジュールで光信号を所定の出ハイウェイに選択し、所定の波長に変換する。

【0026】また、別の特徴として、前記バイパス部は、マトリクスの各クロスポイント上に 1 つの多波長選択フィルタを有して構成される。

【0027】更に、特徴として前記バイパス部は、各入ハイウェイ毎に 1 個の多波長選択フィルタと、多波長選択フィルタの出力が接続される光空間スイッチを有して構成される。

【0028】上記のバイパス部においては、各多波長選択フィルタが通常、現用及び予備波長両方の光信号を遮断しており、予備波長の光信号をバイパスさせる時のみ、予備波長を通過するようにチューニングされる。

【0029】また、本発明にしたがう波長分割多重型光伝送システムは、前記特徴を有する光クロスコネクット、この光クロスコネクットの前段に接続され、複数個の可変波長フィルタを備える分岐部、後段部に接続され、複数個の可変波長変換器を備える挿入部と、光／電気変換及び電気／光変換機能を有する各電気クロスコネクットを有する。

【0030】そして、前記分岐部は、各入ハイウェイからの波長多重光信号を該複数個の可変波長フィルタを通

して該電気クロスコネクットに送出し、挿入部は、電気クロスコネクットからの光信号を該複数個の可変波長変換器を通して出ハイウェイに送出するように構成される。

【0031】更に特徴として前記において、各光伝送路の入出力側に可変波長フィルタとモニターからなる光信号断検出部を備え、光伝送路の障害及び伝送システム装置の障害を検出し、正常なルートへの迂回を制御するように構成される。

【0032】

10 【実施例】以下本発明の実施例を図面にしたがって説明する。尚、図面において、同一または類似のものには、同一の参照番号及び記号を付して説明する。

【0033】図 1 は、本発明システムに使用される本発明にしたがう光クロスコネクット 210 の原理構成図を示す。この光クロスコネクットは、ルーチング部 1 とバイパス部 2 の 2 つからなる。

【0034】ルーチング部 1 の機能は、第一にカブラ 3 を通して入ハイウェイから現用波長 $\lambda S1 \sim \lambda Sn$ で入力する光信号の波長を、カブラ 4 を通して所望の出ハイウェイに出力すべく、所望の波長にスイッチングする。

20 【0035】ここで、光クロスコネクット 210 は、光伝送路に障害が発生した場合は、そこを流れていた光信号の波長を予備の波長 $\lambda P1 \sim \lambda Pn$ に変換して、正常なルートに迂回させる。更に、予備波長 $\lambda P1 \sim \lambda Pn$ で入力してきた光信号の波長を現用の波長 $\lambda S1 \sim \lambda Sn$ に戻して所定のルートにスイッチングする機能を有する。

30 【0036】一方、バイパス部 2 の機能は、カブラ 3 により分岐され、予備波長 $\lambda P1 \sim \lambda Pn$ で入力した光信号をそのままの波長で所定のルートにスイッチングし、カブラ 4 を通して出力するものである。

【0037】図 2 ～ 図 5 にルーチング部 1 の本発明の実施例としての構成例を示す。図 2 のタイプ A は、 $k \times k$ のマトリクスのクロスポイント 201 ～ 2kk の各々に波長スイッチ 21 を配置している。各波長スイッチ 21 は、 n 個の可変波長フィルタ TFI L と n 個の可変波長変換器 TCNV からなる。

40 【0038】図 2 において、各波長スイッチ 21 の可変波長フィルタ TFI L で現用および予備波長の波長多重光信号の中から所望の波長を選択し、可変波長変換器 TCNV で所望の波長に変換する。

【0039】図 3、図 4 は、それぞれタイプ B-1、B-2 に分類されたルーチング部 1 の構成例であり、マトリクスの各クロスポイント上に 1 個の波長フィルタ TFI L と 1 個の波長変換器 FCNV からなるスイッチエレメント SE (Switch Element) を配置したスイッチモジュール 30、31 を 2 段縦続している。

50 【0040】図 3 のタイプ B-1 では、1 段目のスイッチモジュール 30 を構成するスイッチエレメント SE の波長フィルタ TFI L は可変、波長変換器 FCNV は固定であり、2 段目のスイッチモジュール 31 を構成する

スイッチエレメントSEは波長フィルタTFIL、波長変換器TCNVともに可変である。

【0041】図3において、1段目のスイッチモジュール30の各スイッチエレメントSEの可変波長フィルタTFILで現用および予備波長の波長多重光信号の中から所望の波長を選択し、固定波長変換器FCNVでモジュール間のリンク上で波長が重複しないように各々異なる波長に変換する。

【0042】そして2段目のスイッチモジュール31の各スイッチエレメントSEの可変波長フィルタTFILで光信号を所定の出ハイウェイに選択し、可変波長変換器TCNVで所定の波長に変換する。

【0043】また、図4のタイプB-2では、1段目のスイッチモジュール30を構成するスイッチエレメントSEは、波長フィルタTFIL、波長変換器TCNVともに可変であり、2段目のスイッチモジュール31を構成するスイッチエレメントSEの波長フィルタFFILは固定、波長変換器TCNVは可変である。

【0044】図4において、1段目のスイッチモジュール30の各スイッチエレメントSEの可変波長フィルタTFILで現用および予備波長の波長多重光信号の中から所望の波長を選択し、可変波長変換器TCNVで所望の波長に変換する。

【0045】そして2段目のスイッチモジュール31の各スイッチエレメントSEの固定波長フィルタFFILで光信号を所定の出ハイウェイに選択し、可変波長変換器TCNVで所定の波長に変換する。

【0046】図5は、タイプB-1、B-2を含むタイプBのルーチング部1の空間分割型等価回路を示している。即ち、第一段、第二段及び第三段のマトリクススイッチを有し、第一段及び第三段は $2n \times 2n$ 、第二段は $k \times k$ のマトリクススイッチで表される。

【0047】図6、図7は、バイパス部2の実施例としての構成例を示す。図6に示されるタイプAの構成は、 $k \times k$ のマトリクスの各クロスポイント上に1つの多波長選択フィルタMWFIL (Multi-Wavelength Filter) を配置している。

【0048】図6において、所定の多波長選択フィルタMWFILで予備波長 $\lambda_{P1} \sim \lambda_{Pn}$ の波長多重光信号を一括して抽出し、所定のリンクに送出させる。ここで各多波長選択フィルタMWFILは、通常、現用および予備波長両方の光信号を遮断しており、予備波長の光信号をバイパスさせる時のみ、フィルタの透過波長を予備波長のところにチューニングする。

【0049】図7に示されるタイプBは、各入ハイウェイ毎の多波長選択フィルタMWFILと $k \times k$ の光空間スイッチ7から構成される。このタイプでは、所定の多波長選択フィルタMWFILで予備波長 $\lambda_{P1} \sim \lambda_{Pn}$ の波長多重光信号を一括して抽出し、光空間スイッチ7により所定の出リンク1~kに送出させる。

【0050】ここで各多波長選択フィルタMWFILは、通常、現用および予備波長両方の光信号を遮断しており、予備波長の光信号をバイパスさせる時のみ、フィルタの透過波長を予備波長のところにチューニングする。

【0051】次に、上記に説明した本発明にしたがう構成を有するルーチング部1およびバイパス部2の動作例をセルフヒーリングの一例と合わせて示す。

【0052】図8にセルフヒーリングの動作例を示す。光クロスコネクタ(OXC-A) 220から光クロスコネクタ(OXC-C) 222、光クロスコネクタ(OXC-E) 224のパスを使って現用の波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ で光信号a1~a4を送信している時に、光クロスコネクタ(OXC-A) 220と光クロスコネクタ(OXC-C) 222の間の光伝送路に障害が起きた場合を想定する。

【0053】この場合、光クロスコネクタ(OXC-A) 220は、予備の波長($\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$)を使って光クロスコネクタ(OXC-B) 221を経由して光クロスコネクタ(OXC-C) 222に光信号を迂回させる。よって光クロスコネクタ(OXC-B) 221は、光クロスコネクタ(OXC-A) 220からの予備波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号a1~a4をバイパスさせ、光クロスコネクタ(OXC-C) 222に送出する。

【0054】さらに光クロスコネクタ(OXC-C) 222は、光クロスコネクタ(OXC-B) 221からの光信号a1~a4の予備波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ を現用の波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ に戻して光クロスコネクタ(OXC-E) 224に送出する。

【0055】図9乃至図11は、光クロスコネクタ(OXC-A) 220、光クロスコネクタ(OXC-B) 221及び光クロスコネクタ(OXC-C) 222におけるタイプAのルーチング部1(図2参照)の動作例である。

【0056】同様に図12から図14の各々は、光クロスコネクタ(OXC-A) 220、光クロスコネクタ(OXC-B) 221及び光クロスコネクタ(OXC-C) 222におけるタイプBのルーチング部1(図3、図4参照)の動作例である。

【0057】また、図15と図16は、光クロスコネクタ(OXC-B) 221におけるタイプAのバイパス部2(図6参照)およびタイプBのバイパス部2(図7参照)の動作例である。

【0058】これら図中で網掛けで表示される波長スイッチ21、スイッチエレメントSE、多波長選択フィルタMWFILは、所定の動作をしていることを表している。

【0059】先ず、図9において、正常状態では、光クロスコネクタ(OXC-A) 220の入ハイウェイ2(12)に波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号a1~a4が入力

し、波長スイッチ 21-1 を通して出ハイウェイ 1 (O1) に、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ として出力される。

【0060】この時、出ハイウェイ 1 (O1) に障害が生じると、波長スイッチ 21-1 に代わり、波長スイッチ 21-2 がアクティブ状態とされ、これを通して波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ に変換され、光信号 $a1 \sim a4$ が出ハイウェイ 4 (O4) に出力される。

【0061】また、入ハイウェイ 3 (I3) に入力する波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $b1 \sim b4$ は、波長スイッチ 21-3 を通して、同様に

出ハイウェイ 4 (O4) に出力される。
【0062】ここで、図 8 を参照すると、光クロスコネクタ (OXC-A) 220 の出ハイウェイ 4 (O4) は、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 の入ハイウェイ 2 (I2) に光伝送路を介して接続される。したがって、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 では、図 10 に示されるように、入ハイウェイ 2 (I2) に入力される波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $b1 \sim b4$ は、波長スイッチ 21-4 を通り、出ハイウェイ 3 (O3) に出力される。

【0063】また、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 の入ハイウェイ 4 (I4) に入力される波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $c1 \sim c4$ は、波長スイッチ 21-5 を通り、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。

【0064】一方、光クロスコネクタ (OXC-A) 220 と光クロスコネクタ (OXC-C) 222 との間の回線障害により迂回させるべく波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ に変換された光信号 $a1 \sim a4$ は、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 に入力すると、バイパス部 2 を通り、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。

【0065】即ち、バイパス部 2 が図 15 に示すタイプ A の構成である場合は、図示されるように、入ハイウェイ 2 (I2) と出ハイウェイ 1 (O1) 間に接続された多波長選択フィルタ MWFIL を通り、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ は出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。

【0066】また、バイパス部 2 が図 16 に示すタイプ B の構成 (図 7 参照) である場合は、入ハイウェイ 2 (I2) に接続された多波長選択フィルタ MWFIL が波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の選択性を有し、したがって光空間スイッチ 7 に波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ が入力される。

【0067】更に、光空間スイッチ 7 において、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ を出ハイウェイ 1 (O1) に出力するように接続制御される。

【0068】次いで、図 11 に戻り説明すると、図 11 は、光クロスコネクタ (OXC-C) 222 におけるタイプ A のルーチング部 1 の動作例を説明する図である。光クロスコネクタ (OXC-C) 222 の入ハイウェイ

4 (I4) には、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $c1 \sim c4$ と波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ が入力される。

【0069】波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $c1 \sim c4$ は、波長スイッチ 21-6 を通り、出ハイウェイ 2 (O2) に出力され、光クロスコネクタ (OXC-D) 223 に向かう。

【0070】一方、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ は、波長スイッチ 21-7 を通り、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ に変換されて、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。これにより、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ は、光クロスコネクタ (OXC-E) 224 に到達することが可能である。

【0071】次に図 12～図 14 によりタイプ B の場合のルーチング部の動作について説明する。図 12 において、正常状態では、光クロスコネクタ (OXC-A) 220 の入ハイウェイ 2 (I2) に波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ が入力し、スイッチエレメント SE1～SE4 及び SE11～SE14 を通して出ハイウェイ 1 (O1) に、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ として出力される。

【0072】この時、出ハイウェイ 1 (O1) に障害が生じると、スイッチエレメント SE11～SE14 に代わり、スイッチエレメント SE01～SE04 がアクティブ状態とされ、これを通して波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ が出ハイウェイ 4 (O4) に出力される。

【0073】図 8 を参照すると、光クロスコネクタ (OXC-A) 220 の出ハイウェイ 4 (O4) は、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 に入ハイウェイ 2 (I2) として接続される。更に、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 では、図 13 に示されるように、入ハイウェイ 2 (I2) に入力される波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $b1 \sim b4$ は、スイッチエレメント SE21～SE24 及び SE31～SE34 を通り、出ハイウェイ 3 (O3) に出力される。

【0074】また、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 の入ハイウェイ 4 (I4) に入力される波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号 $c1 \sim c4$ は、スイッチエレメント SE41～SE44 及び SE51～SE54 を通り、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。

【0075】一方、光クロスコネクタ (OXC-A) 220 と光クロスコネクタ (OXC-C) 222 との間の回線障害により迂回させるべく波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ に変換された光信号 $a1 \sim a4$ は、光クロスコネクタ (OXC-B) 221 に入力すると、バイパス部 2 を通り、出ハイウェイ 1 (O1) に出力される。

【0076】即ち、バイパス部 2 が図 15 に示すタイプ A の構成である場合は、図示されるように、入ハイウェイ 2 (I2) と出ハイウェイ 1 (O1) 間に接続された多波長選択フィルタ MWFIL を通り、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号 $a1 \sim a4$ は出ハイウェイ 1 (O1) に出力さ

れる。

【0077】また、バイパス部2が図16に示すタイプBの構成(図7参照)である場合は、入ハイウェイ2

(12)に接続された多波長選択フィルタMWFILが波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の選択性を有し、したがって光空間スイッチ7に波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号a1～a4が入力される。

【0078】更に、光空間スイッチ7において、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号a1～a4を出ハイウェイ1(O1)に出力するように接続制御される。

【0079】次いで、図14に戻り説明すると、図14は、光クロスコネクタ(OXC-C)222におけるタイプBのルーチング部1の動作例である。光クロスコネクタ(OXC-C)222の入ハイウェイ4(14)には、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号c1～c4と波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号a1～a4が入力される。

【0080】波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ の光信号c1～c4は、スイッチエレメントSE61～64及びSE71～74を通り、出ハイウェイ2(O2)に出力され、光クロスコネクタ(OXC-D)223に向かう。

【0081】一方、波長 $\lambda_{p1} \sim \lambda_{p4}$ の光信号a1～a4は、スイッチエレメントSE81～84及びSE91～94により、波長 $\lambda_{s1} \sim \lambda_{s4}$ に変換されて、出ハイウェイ1(O1)に出力される。これにより、出ハイウェイ1(O1)に出力される光信号a1～a4は、光クロスコネクタ(OXC-E)224に到達することが可能である。

【0082】図17は、波長変換器の構成例を示している。図17において、(a)の構成は半導体レーザダイオード(LD)をベースにした波長変換素子である。半導体LDの注入電流を制御することで波長をチューニングすることができ、光-光のままで波長変換が可能である。

【0083】また、図17(b)の構成は、光・電気変換器(O/E)と可変波長LDの直接変調による電気・光変換器(E/O)からなり、可変波長LDへの注入電流を制御することで波長をチューニングしている。

【0084】更に、図17(c)の構成は、O/E、可変波長LDとLiNbO₃(LN)光変調器を用いた外部変調方式による波長変換器である。可変波長LDへの注入電流を制御することで波長をチューニングしている。

【0085】一方、波長フィルタFILに関しては、誘電体多層膜フィルタ、グレーティング型フィルタ、ファブリー・ペロー・フィルタ、音響光学フィルタ、半導体フィルタ等がある。

【0086】また、多波長選択フィルタMWFILに関しては、音響光学フィルタ、あるいは現用波長帯と予備波長帯をやや離して、半値幅内に予備波長の光信号が全て入るようなフィルタで構成できる。

【0087】図18、図19にはそれぞれ分岐部212

(図21参照)、挿入部213(図1参照)の構成例を示す。図18において、分岐部212では、各入ハイウェイからの波長多重光信号を複数個の可変波長フィルタTFILを通して電気クロスコネクタ211(図21参照)に送出している。

【0088】また挿入部213では、電気クロスコネクタ211からの光信号(波長 λ .)を複数個の可変波長変換器TCNVを通して出ハイウェイに送出している。

【0089】図20は、光信号断検出部の構成例を示している。この検出部の機能は、①光伝送路の障害を検出し、②伝送システム装置の障害を検出するものである。そのために各光伝送路に接続される光クロスコネクタの入力側に可変波長フィルタTFILとモニター201～20kを具備し、出力側に可変波長フィルタTFILとモニター301～30kを具備している。

【0090】モニター201～20k及び301～30kによる障害の検知に基づき、先に図8に関し説明したように光信号の迂回路が決定制御される。

【0091】更に、図21、図22は、それぞれ所要光デバイスの個数、及び所要波長数を従来構成と比較して示す関係図である。

【0092】これらの関係図からわかるように、本発明の構成では、従来のタイプAの構成(図37参照)に比べた場合、所要光デバイスの数を削減することができる。また従来のタイプBの構成(図38、図39参照)に比べた場合、所要光デバイスの数は多少増えるが、所要波長数を少なくすることができる。

【0093】図23は、図40の従来例に対応する本発明にしたがい、図1のルーチング部1を構成した例(タイプC-1)である。図40の従来の構成と比較すると、光スイッチの3段回路の中間段即ち二段目の光スイッチ262の数を3nとしている。

【0094】これは後に動作例で説明するバイパス部2を設けたことによる。バイパス部2を設けたことで、図40の従来の構成の時に生じた一段目の1つの光スイッチ261に入ってくる光信号の数と、三段目の1つの光スイッチ263に出ていく光信号の数が同時に2nとなる状態が無くなるからである。即ち、一段目の光スイッチ261に2nの光信号が入ってくる場合は、三段目の光スイッチ263に出ていく光信号の数はnである。またその逆もあり得る。

【0095】図24は、更に図40の従来例に対応する本発明にしたがい、図1のルーチング部1を構成した別の例(タイプC-2)である。

【0096】この構成例においては、各入ハイウェイから所定の波長の光信号を集めてきて一段目のスイッチ261に入力させ、三段目の光スイッチ263の出力光信号を所定の波長に変換した後、別々の出ハイウェイに出力されるように接続されている。この構成では、伝送路障害の有無に関わらず、1段目と3段目の各光スイッチ

への入出力光信号の数は k である。従って、中間段の光スイッチ262の数は $2k$ となる。

【0097】尚、上記図23、図24において、従来例の図40に対応させて、現用波長として $\lambda W1 \sim \lambda Wn$ 、予備波長として $\lambda R1 \sim \lambda Rn$ で表しているが、これらは、先の図23以前に説明した実施例における現用波長 $\lambda S1 \sim \lambda Sn$ 、予備波長 $\lambda P1 \sim \lambda Pn$ と同じである。

【0098】したがって、以下に図23、図24の本発明にしたがうルーチング部1を用いて、次の図25において、セルフルーチングの動作を説明するが、同様に先の実施例によける現用波長 $\lambda S1 \sim \lambda Sn$ は $\lambda W1 \sim \lambda Wn$ に、また予備波長 $\lambda P1 \sim \lambda Pn$ は $\lambda R1 \sim \lambda Rn$ に置き換えられているものとする。

【0099】更に、以下のセルフルーチングの動作説明において、バイパス部の構成は、図23のルーチング部の構成(タイプC-1)に対応して、図6に示すタイプAのバイパス部が用いられ、図24のルーチング部の構成(タイプC-2)に対応して、図7に示すタイプBのバイパス部が用いられるものとする。

【0100】図25について、図40の従来例に対応する本発明にしたがうルーチング部1及び、バイパス部2の動作例を図8の場合と同様の障害復旧を例にとり説明する。

【0101】即ち、図25において、光クロスコネクタ(OXC-A)220から光クロスコネクタ(OXC-C)222、(OXC-E)224のパスを使って現用の波長($\lambda w1$ 、 $\lambda w2$)で光信号($a1$ 、 $a2$)を送信している時に、光クロスコネクタ(OXC-A)220と(OXC-C)222の間の光伝送路に障害が起きたと仮定する。

【0102】この場合、光クロスコネクタ(OXC-A)220、は予備の波長($\lambda R1$ 、 $\lambda R2$)を使って光クロスコネクタ(OXC-B)221を経由して光クロスコネクタ(OXC-C)222に光信号を迂回させる。

【0103】よって光クロスコネクタ(OXC-B)221は、光クロスコネクタ(OXC-A)220からの予備波長の光信号をバイパスさせ、光クロスコネクタ(OXC-C)222に送出する。さらに光クロスコネクタ(OXC-C)222は、光クロスコネクタ(OXC-B)221からの予備波長の光信号の波長 $\lambda R1 \sim \lambda Rn$ を現用の波長 $\lambda W1 \sim \lambda Wn$ に戻して光クロスコネクタ(OXC-E)224に送出する。

【0104】上記のようなルートは、図26～図28にそれぞれ示す、光クロスコネクタ(OXC-A)220、(OXC-B)221、(OXC-C)222におけるルーチング部1(タイプC-1)の動作例及び、図29に示す、光クロスコネクタ(OXC-B)221に備えられるバイパス部2(タイプA)の動作例によって以下のように説明される。

【0105】即ち、光クロスコネクタ(OXC-A)2

20の二番目の入力端に分配器265を通して入力する現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($a1$ 、 $a2$)は、フィルタ260及び一段目の光スイッチ261の対応する二番目の光スイッチを通り、二段目の光スイッチ262の一番目と二番目の光スイッチに入力する。更に、三段目の光スイッチ263を通過し、対応する波長変換器264の4番目の波長変換器により予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ に変換されて結合器266を経て出力される。

【0106】一方、光クロスコネクタ(OXC-A)220の三番目の入力端に入力する現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($b1$ 、 $b2$)は、二段目の光スイッチ262の五番目と六番目の光スイッチに入力する。更に、三段目の光スイッチ263を通過し、対応する波長変換器264の4番目の波長変換器により現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のままで結合器266を経て出力される。

【0107】また、光クロスコネクタ(OXC-B)221においては、同様に一段目の光スイッチ261の二番目の光スイッチに入力する現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($b1$ 、 $b2$)は、現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のまま三段目の光スイッチ263の三番目の光スイッチを経て出力される。

【0108】また、一段目の光スイッチ261の四番目の光スイッチに入力する現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($c1$ 、 $c2$)は、現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のまま一段目の光スイッチ263の一番目の光スイッチを経て出力される。

【0109】一方、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ に変換され、光クロスコネクタ(OXC-B)221に入力される信号($a1$ 、 $a2$)は、ルーチング部1の一段目の光スイッチ261で阻止され、バイパス部2に入力される。図29を参照すると、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ の信号($a1$ 、 $a2$)は、バイパス部2の入力2に入力し、図29の網かけ線を施したフィルタにより選択されて、そのままの予備波長で端子1に出力され、光クロスコネクタ222に向けられる。

【0110】更に、図28に示す光クロスコネクタ(OXC-C)222においては、第四の入力端に光クロスコネクタ221からの現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($c1$ 、 $c2$)と、バイパス部2を通過された予備波長の信号($a1$ 、 $a2$)が入力する。

【0111】この内、現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号($c1$ 、 $c2$)は、第二の出力端から現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のまま、光クロスコネクタ(OXC-D)223に向け出力される。一方、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ の信号($a1$ 、 $a2$)は、現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ に変換されて、第一の出力端から光クロスコネクタ(OXC-E)224に向け出力される。

【0112】したがって、信号($a1$ 、 $a2$)は、光クロスコネクタ(OXC-A)220と(OXC-C)222と間の伝送路障害にかかわらず、光クロスコネクタ

(OXC-A) 220から光クロスコネクタ(OXC-E) 224に伝送することが可能である。

【0113】更に、図25により、上記の様に説明した障害復旧の動作例は、図30～図32にそれぞれ示す、光クロスコネクタ(OXC-A) 220、(OXC-B) 221、(OXC-C) 222におけるルーチング部1(タイプC-2)を用いた場合更に、図33に示す、光クロスコネクタ(OXC-B) 221に備えられるバイパス部2(タイプB)を用いて、以下のように説明される。

【0114】即ち、光クロスコネクタ(OXC-A) 220の二番目の入力端の分配器265を通して入力する現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(a1、a2)は、信号a1と信号a2に分けられ、それぞれフィルタ260の一番目と二番目のフィルタを通り、一段目の光スイッチ261の対応する一番目と二番目の光スイッチを通り、ともに二段目の光スイッチ262の一番目の光スイッチに入力する。更に、三段目の光スイッチ263の一番目と二番目の光スイッチに分けて入力され、各々の三段目の光スイッチから対応する波長変換器264により予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ に変換されて結合器266の四番目の結合器出力端を経て出力される。

【0115】一方、光クロスコネクタ(OXC-A) 220の三番目の入力端に入力する現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(b1、b2)は、二段目の光スイッチ262の二番目の光スイッチに入力する。更に、三段目の光スイッチ263を通過し、対応する波長変換器264の4番目の波長変換器により現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のままで結合器266を経て出力される。

【0116】また、光クロスコネクタ(OXC-B) 221においては、同様に二番目の入力端から入力される現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(b1、b2)は、フィルタ260、一段目の光スイッチ261に入力され、二段目の光スイッチ262を通り、更に現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のままで三段目の光スイッチ263、波長変換器264を通して三番目の出力端を経て出力される。

【0117】また、四番目の入力端から分配器265を通して一段目の光スイッチ261、に入力する現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(c1、c2)は、同様に現用波長の $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のままで三段目の光スイッチ263、波長変換器264を通して一番目の出力端を経て出力される。

【0118】一方、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ に変換され、光クロスコネクタ(OXC-B) 221に入力される信号(a1、a2)は、ルーチング部1の一段目の光スイッチ261で阻止され、バイパス部2に入力される。図33を参照すると、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ の信号(a1、a2)は、バイパス部2の入力2に入力し、図33の影線を施したフィルタにより選択されて、そのままの予備波長で光空間スイッチ7を経て端子1に出力され、光クロスコネクタ222に向けられる。

【0119】更に、図32に示す光クロスコネクタ222においては、第四の入力端から分配器265を通して入力される光クロスコネクタ221からの現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(c1、c2)と、バイパス部2を通過された予備波長の信号(a1、a2)が入力する。この内、現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ の信号(c1、c2)は、第二の出力端から現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ のまま、光クロスコネクタ223に向け出力される。一方、予備波長 $\lambda R1$ 、 $\lambda R2$ の信号(a1、a2)は、波長変換器264で現用波長 $\lambda W1$ 、 $\lambda W2$ に変換されて、第一の出力端から光クロスコネクタ224に向け出力される。

【0120】したがって、信号(a1、a2)は、光クロスコネクタ220と222と間の伝送路障害にかかわらず、光クロスコネクタ220から光クロスコネクタ224に伝送することが可能である。

【0121】尚、図23乃至図33において、波長変換器264は、図17で説明したと同様に構成されるので、更なる説明は、省略する。

【0122】次に、図34は、図40の従来構成に対応する、図23に示す本発明のルーチング部1の実施例構成における所要光デバイスの個数を従来構成と比較して示す図である。

【0123】この図からも理解されるように、本発明の図23に示す本発明のルーチング部1の実施例構成では、従来の構成に比べた場合、所要光デバイスの数を削減することができる。

【0124】

【発明の効果】以上実施例にしたがい説明したように、本発明によれば波長分割型光クロスコネクタをルーチング部とバイパス部の2つから構成することで、所要光デバイスの個数あるいは所要波長数を少なくできる効果を有する。したがって、かかる光クロスコネクタを用いた伝送システムの性能向上に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にしたがう光クロスコネクタの原理構成ブロック図である。

【図2】図1のルーチング部の構成例(タイプA)を示す図である。

【図3】図1のルーチング部の構成例(タイプB-1)を示す図である。

【図4】図1のルーチング部の構成例(タイプB-2)を示す図である。

【図5】タイプBの空間分割型等価回路を示す図である。

【図6】図1のバイパス部の構成例(タイプA)を示す図である。

【図7】図1のバイパス部の構成例(タイプB)を示す図である。

【図8】予備波長を用いたセルフヒーリングの動作例図である。

【図 9】図 8 のタイプ A のルーチング部 220 の動作例を説明する図である。

【図 10】図 8 のタイプ A のルーチング部 221 の動作例を説明する図である。

【図 11】図 8 のタイプ A のルーチング部 222 の動作例を説明する図である。

【図 12】図 8 のタイプ B のルーチング部 220 の動作例を説明する図である。

【図 13】図 8 のタイプ B のルーチング部 221 の動作例を説明する図である。

【図 14】図 8 のタイプ B のルーチング部 222 の動作例を説明する図である。

【図 15】図 8 のタイプ A のバイパス部の動作例を説明する図である。

【図 16】図 8 のタイプ B のバイパス部の動作例を説明する図である。

【図 17】波長変換器の構成例を説明する図である。

【図 18】分岐部の構成例を説明する図である。

【図 19】挿入部の構成例を説明する図である。

【図 20】光信号断検出部の構成例を説明する図である。

【図 21】所要光デバイスの個数を比較する関係図である。

【図 22】所要波長数を比較する関係図である。

【図 23】図 1 のルーチング部の構成例（タイプ C-1）を示す図である。

【図 24】図 1 のルーチング部の構成例（タイプ C-2）を示す図である。

【図 25】タイプ C のルーチング部を用いたセルフヒーリングの動作例を示す図である。

【図 26】タイプ C-1 のルーチング部の動作例（OXC-A）を示す図である。

【図 27】タイプ C-1 のルーチング部の動作例（OXC-B）を示す図である。

【図 28】タイプ C-1 のルーチング部の動作例（OXC-C）を示す図である。

【図 29】図 25 において用いたタイプ A バイパス部の

動作例（OXC-B）を示す図である。

【図 30】タイプ C-2 のルーチング部の動作例（OXC-A）を示す図である。

【図 31】タイプ C-2 のルーチング部の動作例（OXC-B）を示す図である。

【図 32】タイプ C-2 のルーチング部の動作例（OXC-C）を示す図である。

【図 33】図 25 において用いたタイプ B バイパス部の動作例（OXC-B）を示す図である。

10 【図 34】タイプ C-1、C-2 に対応する所要光デバイス数を比較する図である。

【図 35】光伝送システムの全体構成を示す図である。

【図 36】予備波長を用いたセルフヒーリングの原理を説明する図である。

【図 37】従来の光クロスコネクットの構成例を説明する図である。

【図 38】従来の光クロスコネクットの構成例（タイプ B-1）を説明する図である。

20 【図 39】従来の光クロスコネクットの構成例（タイプ B-2）を説明する図である。

【図 40】従来の光クロスコネクットの構成例（タイプ C）を説明する図である。

【符号の説明】

210 光クロスコネクット

211 電気クロスコネクット

212 分岐部

213 挿入部

1 ルーチング部

2 バイパス部

30 3、4 カプラ

21 波長スイッチ

30、31 スイッチモジュール

TFIL 可変フィルタ

FFIL 固定フィルタ

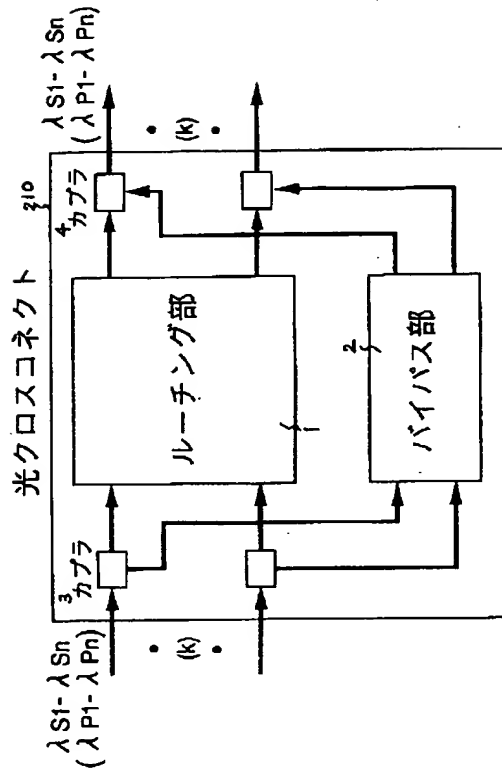
TCNV 可変波長変換器

SE スイッチエレメント

MWFIL 多波長選択フィルタ

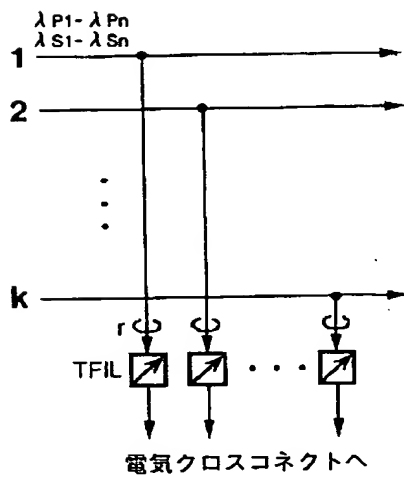
【図1】

光クロスコネクタの構成



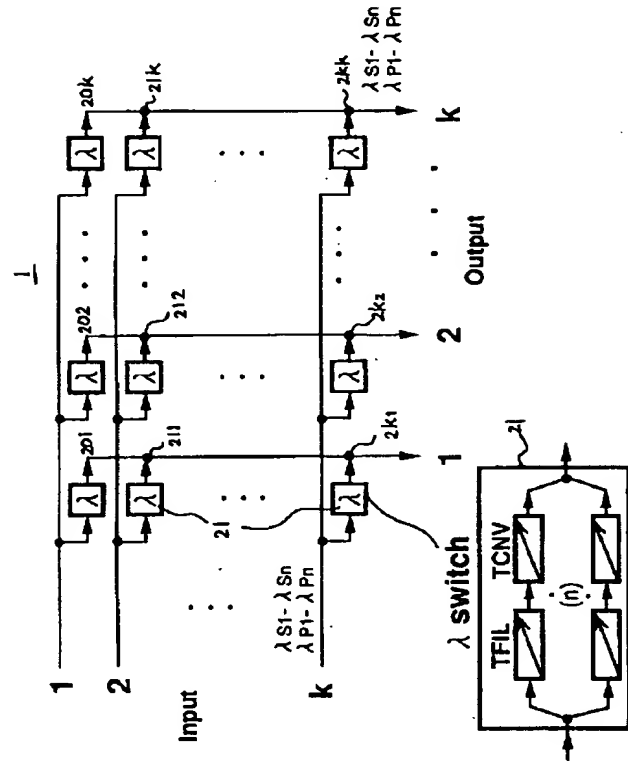
【図18】

分岐部の構成



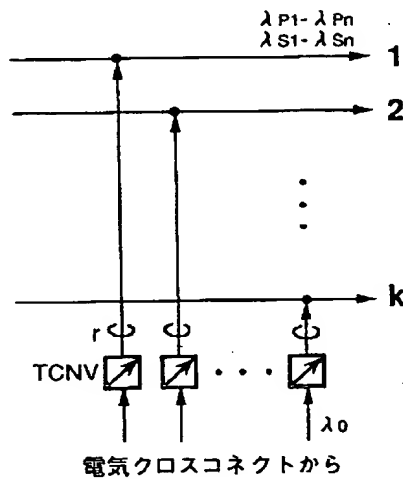
【図2】

ルーティング部の構成例 (タイプA)



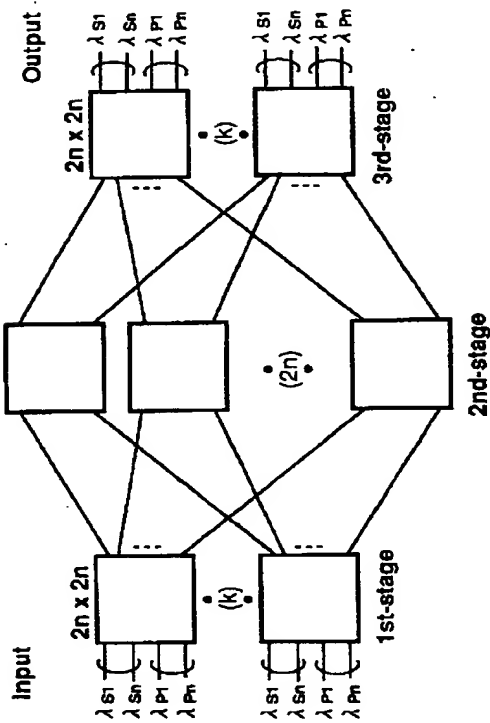
【図19】

挿入部の構成



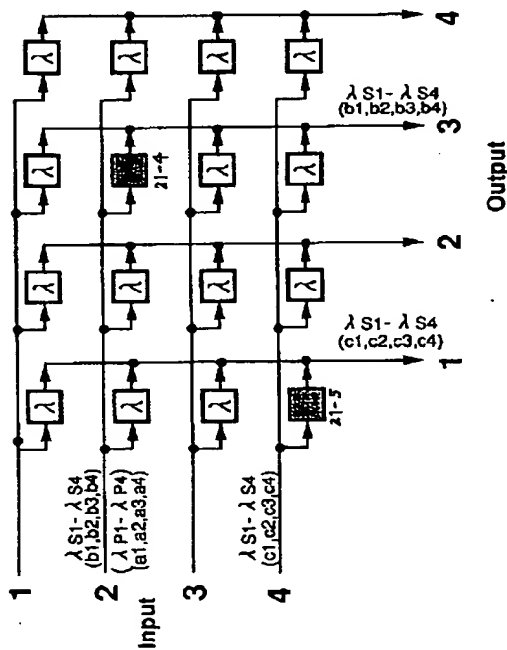
【図5】

タイプBルーチング部の空間分割型等価回路



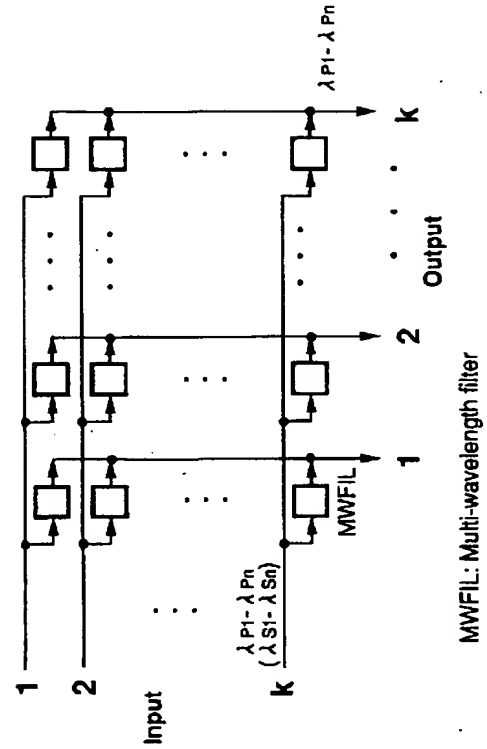
【図10】

タイプAルーチング部の動作例(OXC-B)



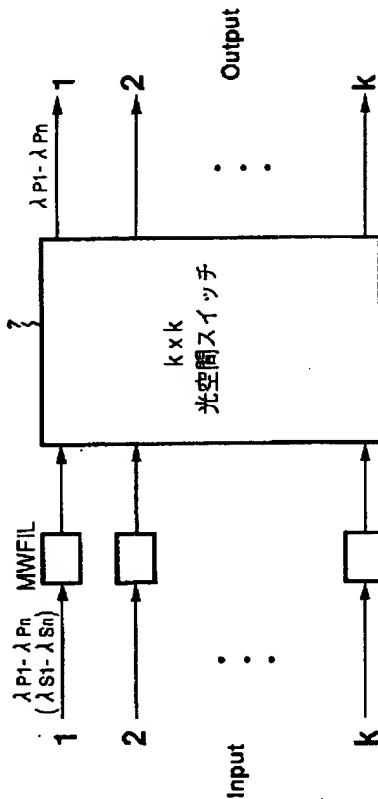
【図6】

バイパス部の構成例(タイプA)



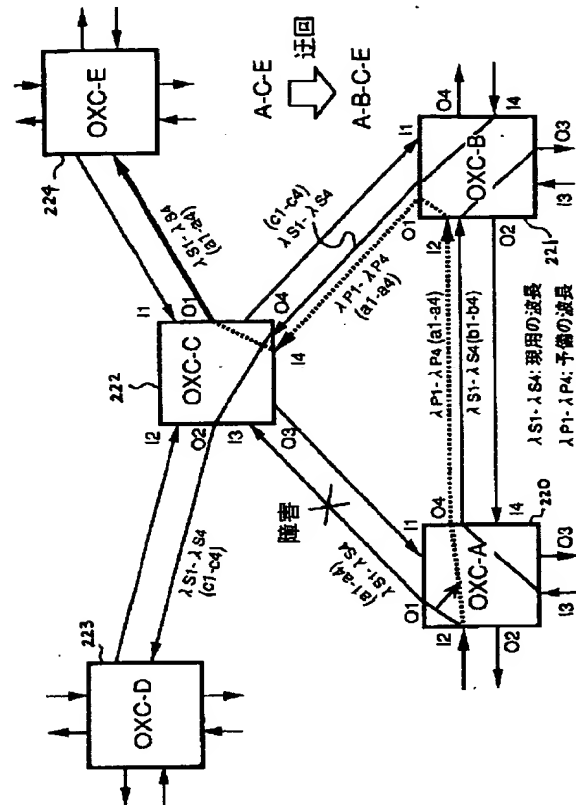
【図 7】

バイパス部の構成例(タイプB)



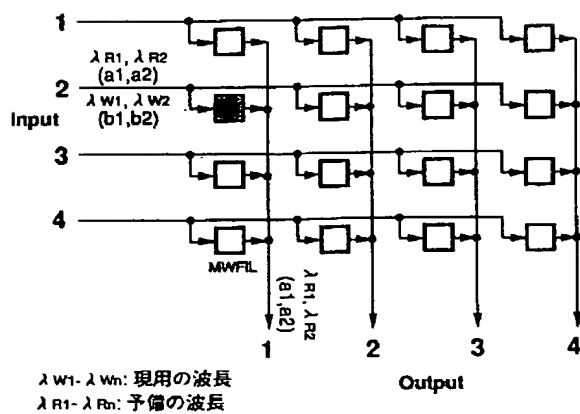
【図 8】

予備波長を用いたセルフヒーリングの動作例



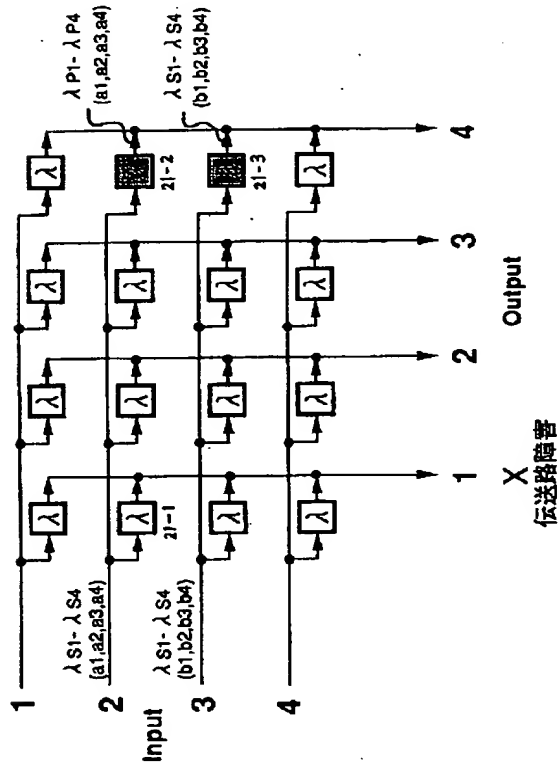
【図 29】

他のタイプAバイパス部の動作例 (OXC-B)



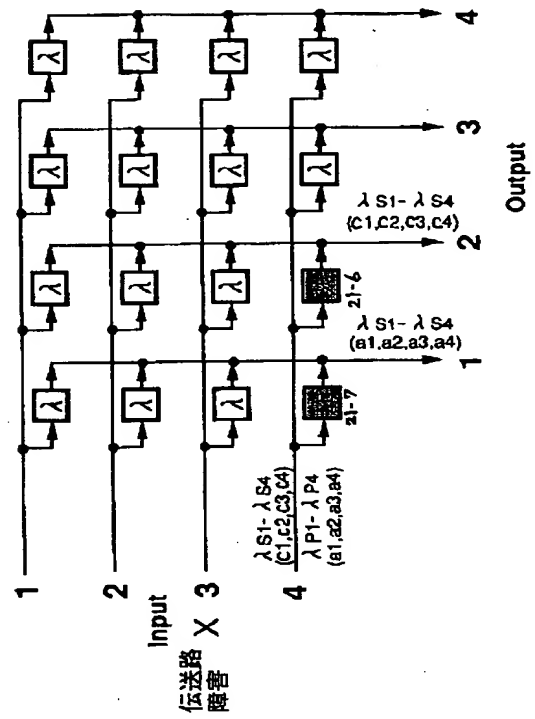
【図 9】

タイプAルーチング部の動作例(OXC-A)



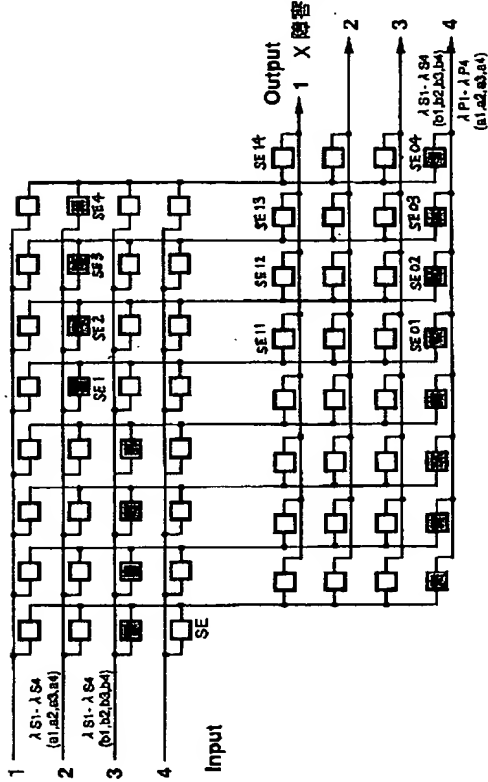
【図 11】

タイプAルーチング部の動作例(OXC-C)



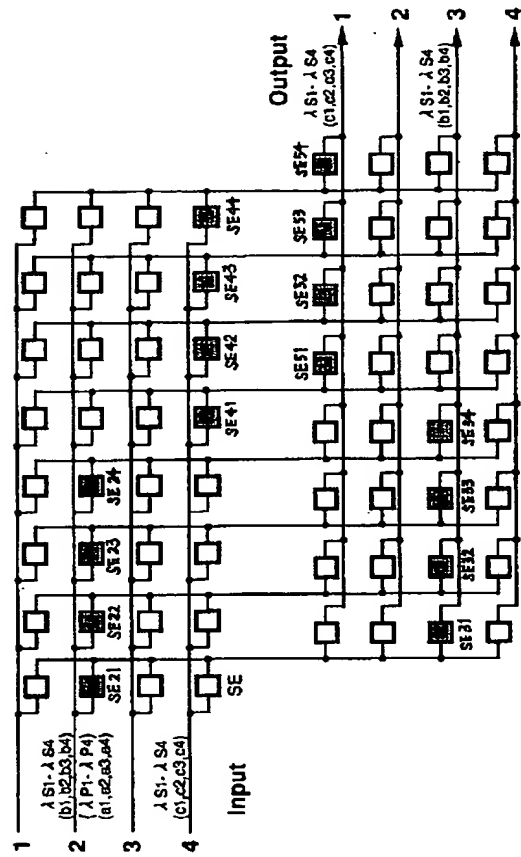
【図 12】

タイプBルーチング部の動作例(OXC-A)



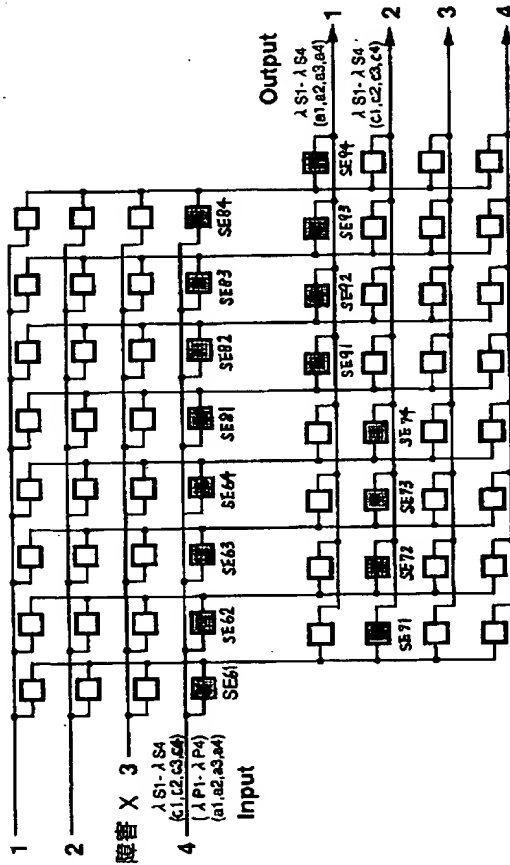
【図 13】

タイプBルーチング部の動作例(OXC-B)



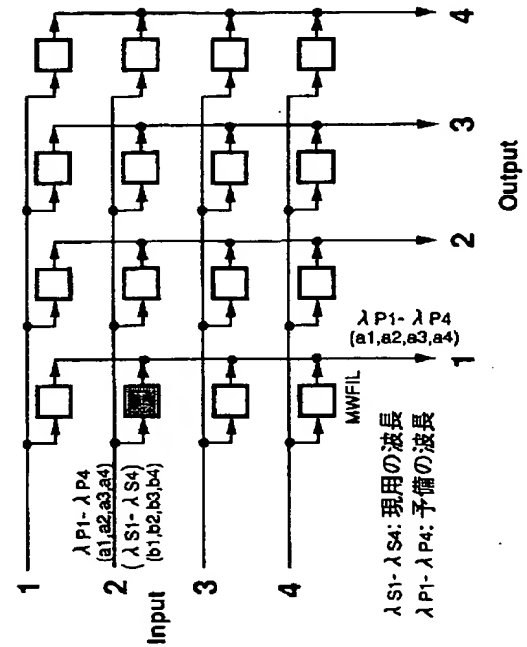
【図 14】

タイプBルーチング部の動作例(OXC-C)



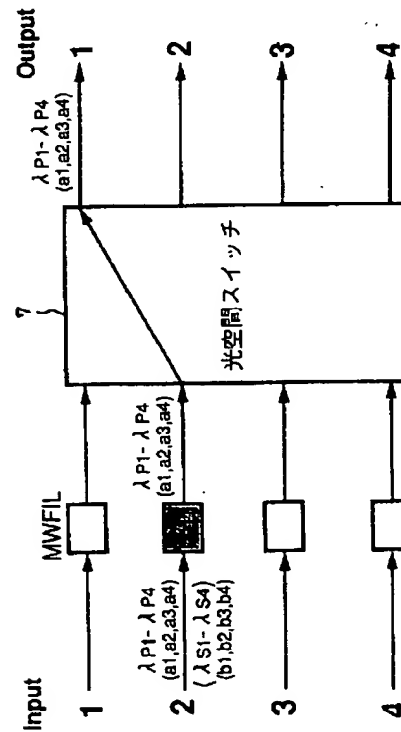
【図 15】

タイプAバイパス部の動作例(OXC-B)



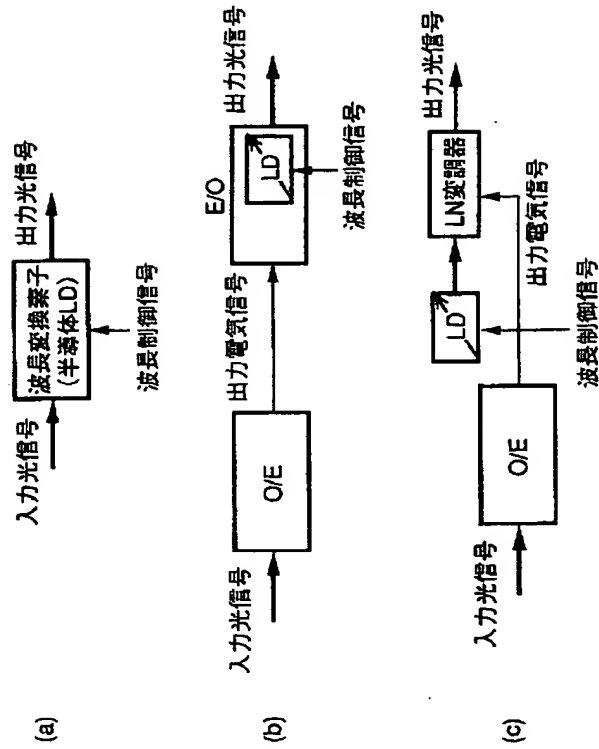
【図 16】

タイプBバイパス部の動作例(OXC-B)



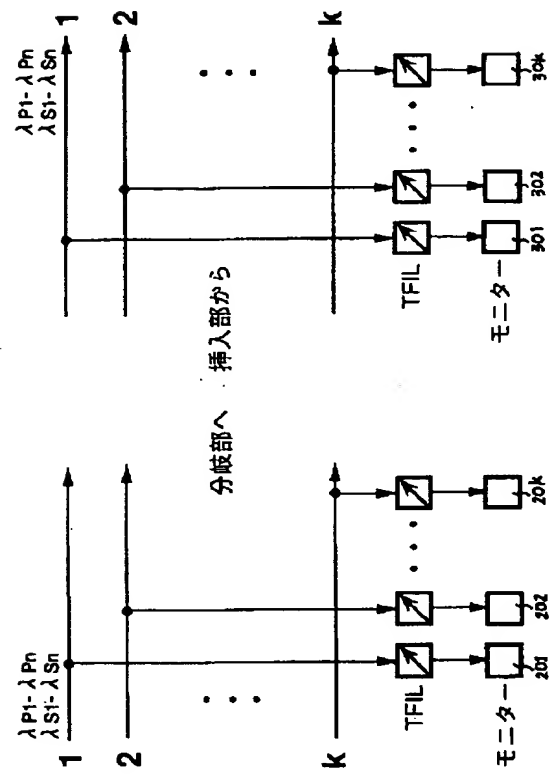
【図 17】

波長変換器の構成例



【図 20】

光信号断検出部の構成



【図 2 1】

所要光デバイス数の比較

| 光クロスコネクタ構成 | | 光SW | 波長フィルタ | | 波長変換器 | |
|------------|--------|------------|--------|--------|-------|--------|
| | | | 固定 | 可変 | 固定 | 可変 |
| 従来構成 | タイプA | $4n^2 k^2$ | $2nk$ | — | $2nk$ | — |
| | タイプB-1 | — | $2nk$ | $2nk$ | $4nk$ | — |
| | タイプB-2 | — | $4nk$ | — | $2nk$ | $2nk$ |
| 本発明 | タイプA | — | — | nk^2 | — | nk^2 |
| | タイプB-1 | — | — | $4nk$ | $2nk$ | $2nk$ |
| | タイプB-2 | — | $2nk$ | $2nk$ | — | $4nk$ |
| バイパス部 | タイプA | — | k^2 | — | — | — |
| | タイプB | k^2 | k | — | — | — |

【図 2 2】

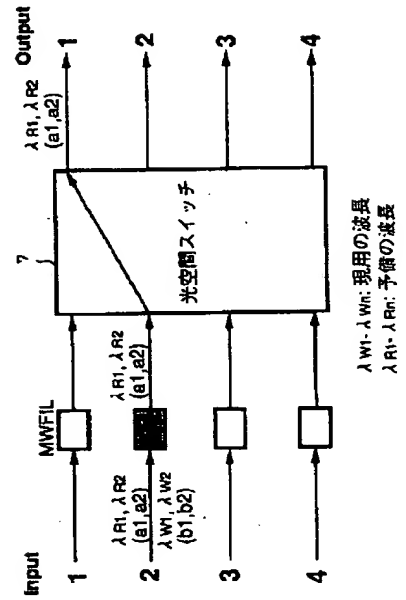
所要波長数の比較

| 光クロスコネクタ構成 | | 光SW | 波長フィルタ | | 波長変換器 | |
|------------|--------|-----|--------|---------|-------|---------|
| | | | 固定 | 可変 | 固定 | 可変 |
| 従来構成 | タイプA | — | $2n$ | — | $2n$ | — |
| | タイプB-1 | — | $2n$ | $2nk$ | $2nk$ | — |
| | タイプB-2 | — | $2nk$ | — | $2n$ | $2nk$ |
| 本発明 | タイプA | — | — | $2n$ | — | $2n$ |
| | タイプB-1 | — | — | $2n(k)$ | k | $2n$ |
| | タイプB-2 | — | k | $2n$ | — | $2n(k)$ |
| バイパス部 | タイプA | — | $2n$ | — | — | — |
| | タイプB | — | $2n$ | — | — | — |

()の値は $k > 2n$ の場合

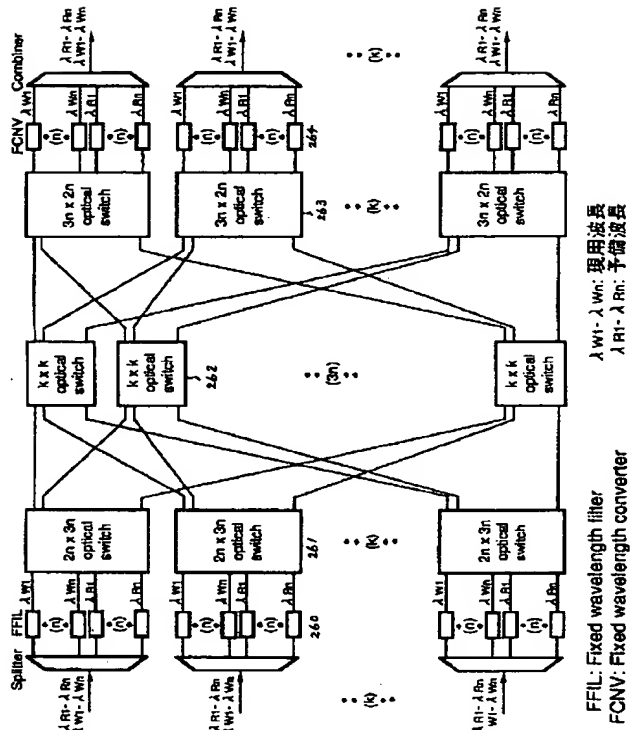
【図 3 3】

他のタイプBバイパス部の動作例 (OXC-B)



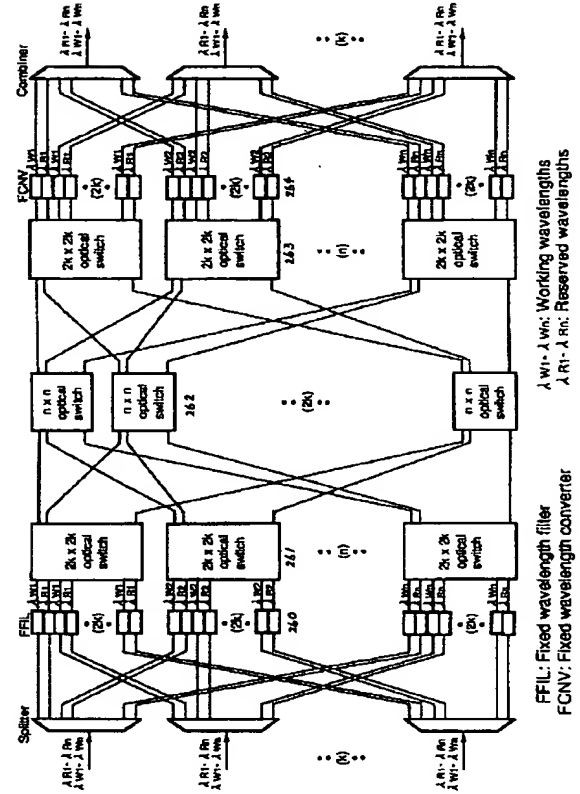
【図 2 3】

ルーチング部の構成例 (タイプ C-1)



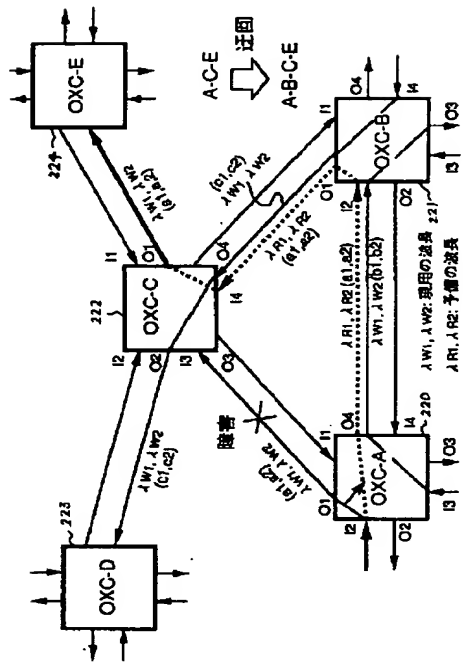
【図 2 4】

ルーチング部の構成例 (タイプ C-2)



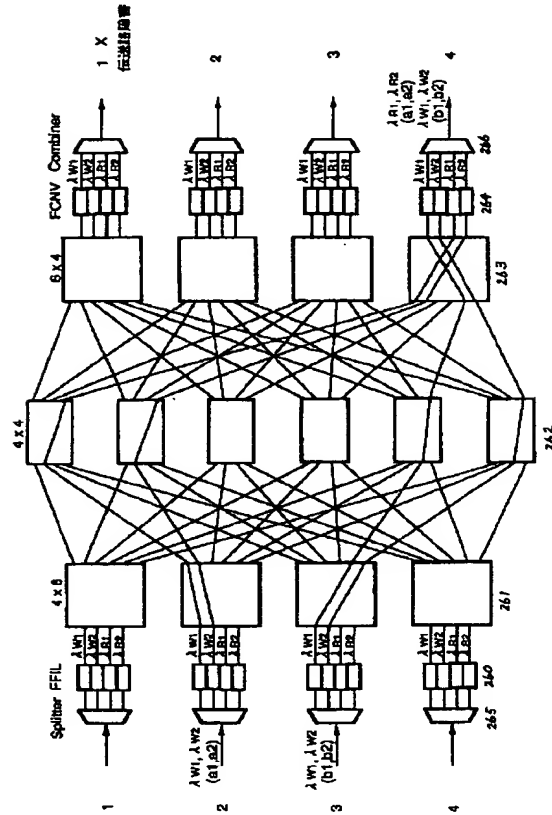
【図 25】

タイプCのルーチング部を用いた
セルフヒーリングの動作例



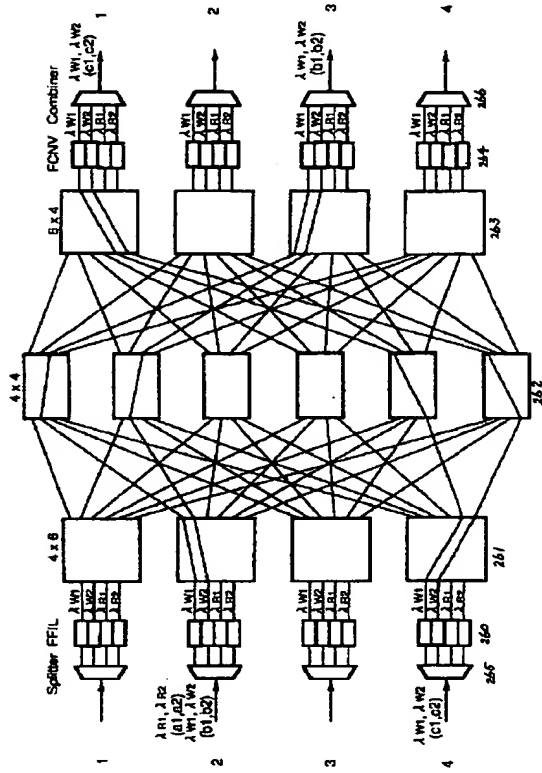
【図 26】

タイプC-1のルーチング部の動作例 (OXC-A)



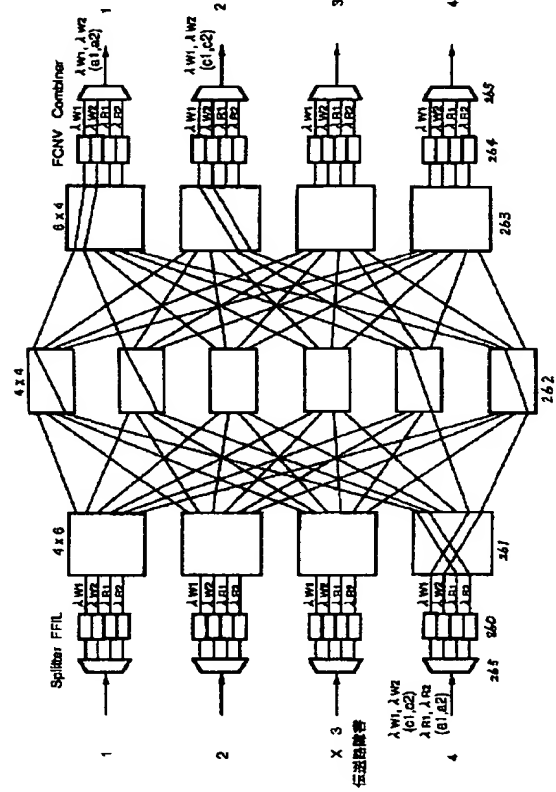
【図 27】

タイプC-1のルーチング部の動作例 (OXC-B)



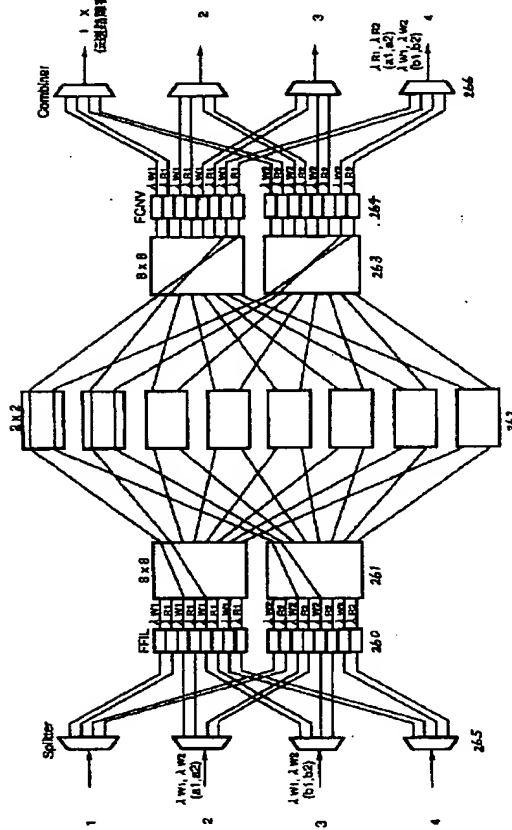
【図 28】

タイプC-1のルーチング部の動作例 (OXC-C)



【図30】

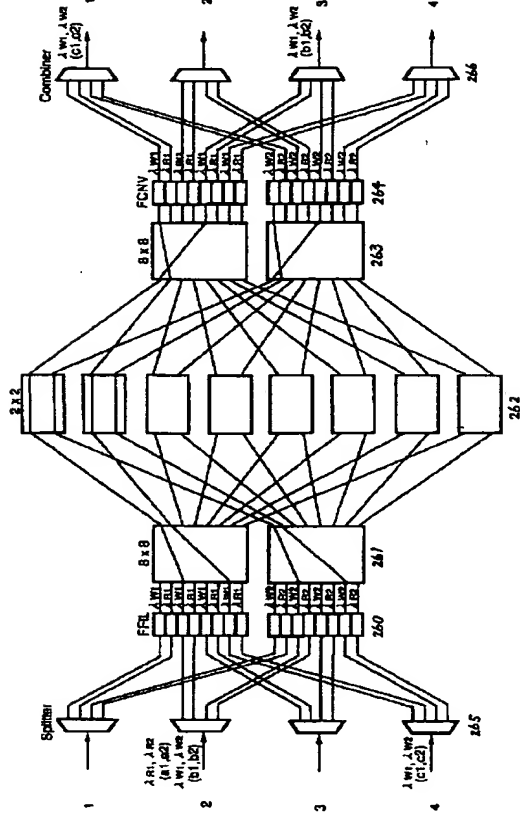
タイプC-2のルーティング部の動作例 (OXC-A)



$\lambda W1, \lambda W2$: 現用波長
 $\lambda R1, \lambda R2$: 予備波長

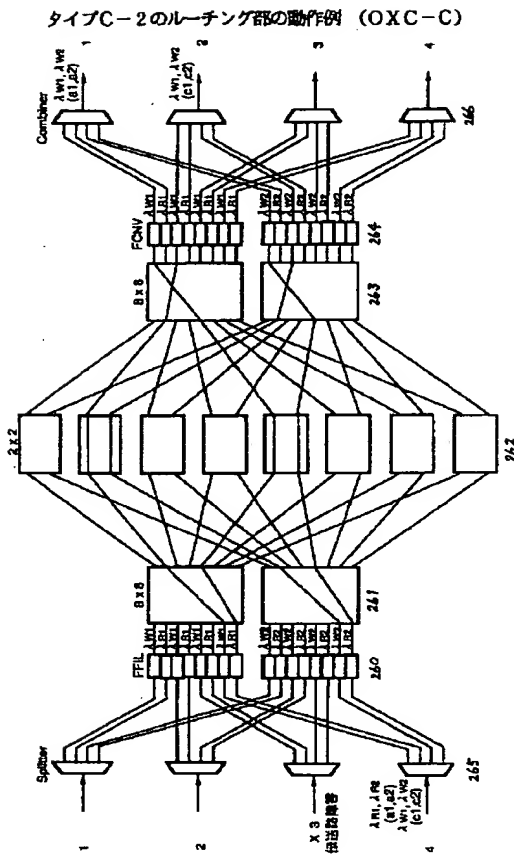
【図31】

タイプC-2のルーティング部の動作例 (OXC-B)



$\lambda W1, \lambda W2$: 現用波長
 $\lambda R1, \lambda R2$: 予備波長

【図 3 2】



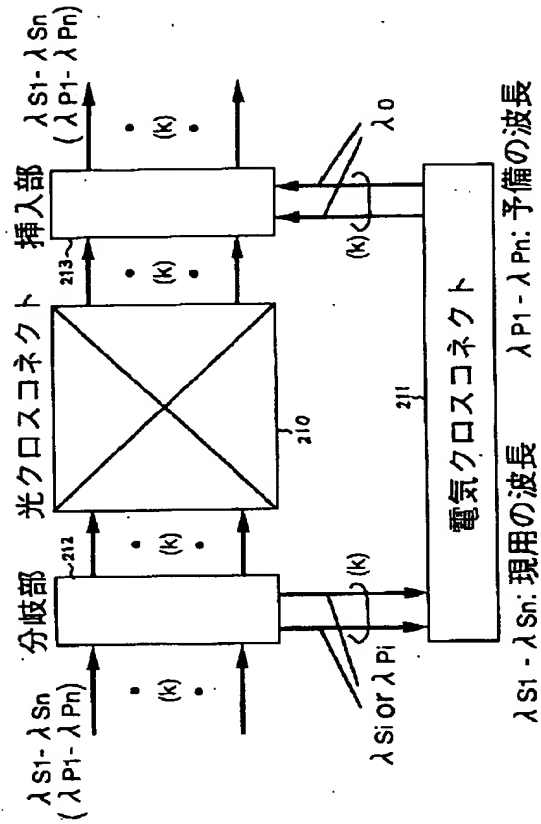
【図 3 4】

タイプC-1、C-2に対応する
所要光デバイス数の比較

| 光クロスネクト構成 | | 光スイッチ | 波長フィルタ | 波長変換器 |
|-----------|--------|----------------------------|--------|-------|
| 従来構成 | | | | |
| 本発明 | ルーチング部 | タイプC-1 $16kn^2 + 4nk^2$ | 2nk | 2nk |
| | タイプC-2 | $12kn^2 + 3nk^2$ | 2nk | 2nk |
| | バイパス部 | タイプA $2kn^2 + 8nk^2$ | 2nk | 2nk |
| タイプB | タイプA | — | k^2 | — |
| | タイプB | k^2 | k | — |

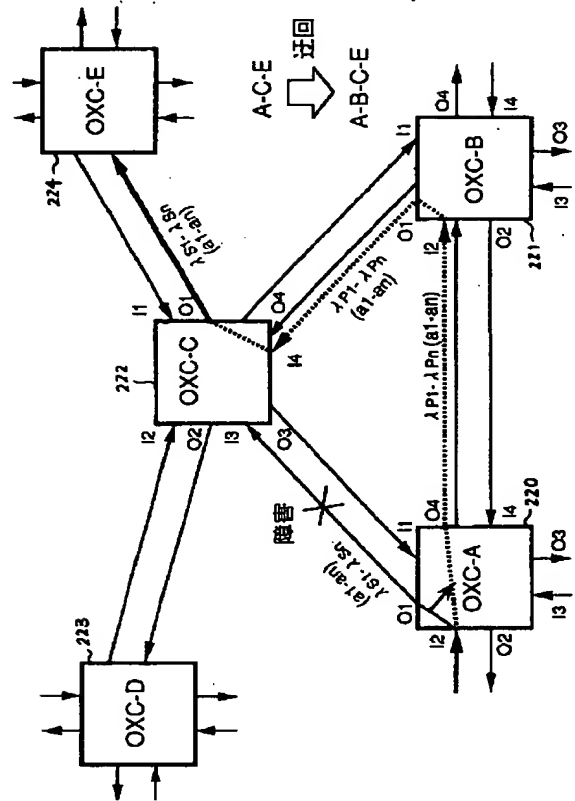
【図 35】

光伝送システムの全体構成。



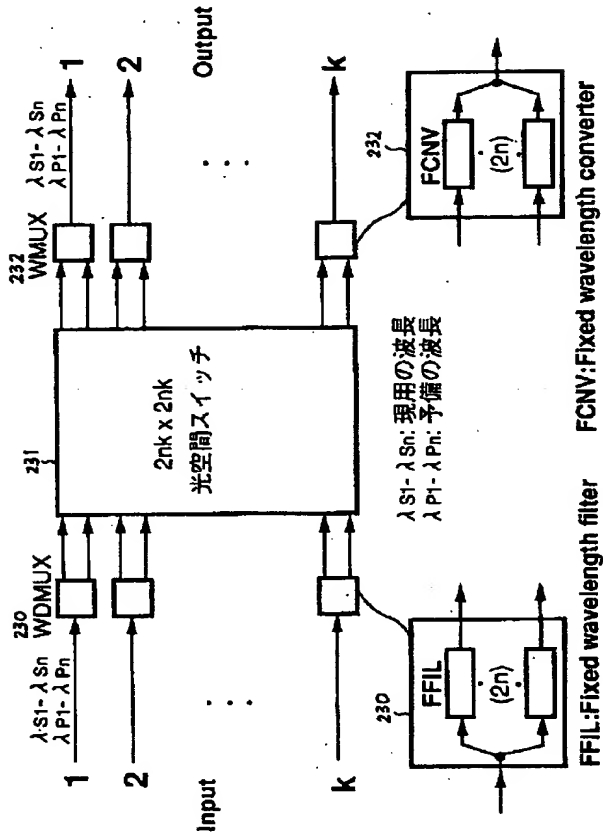
【図 36】

予備波長を用いたセルフヒーリングの原理



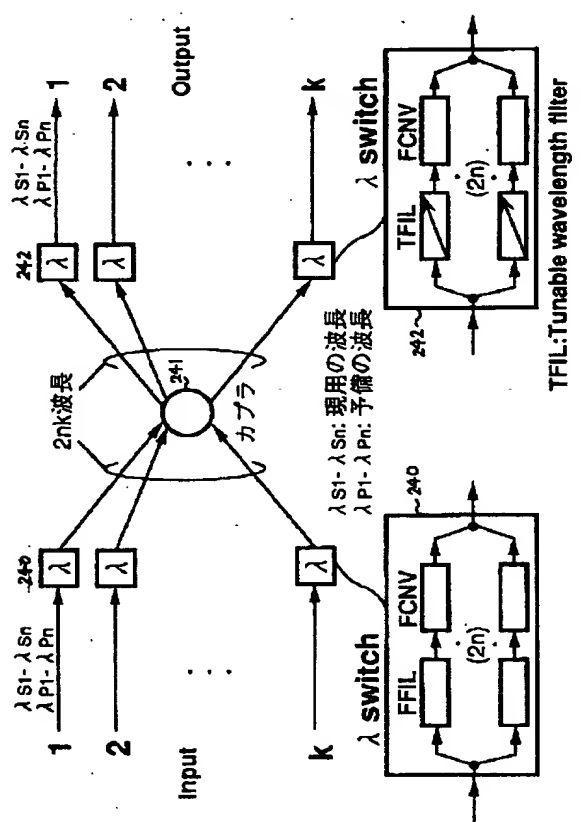
【図37】

従来の光クロスコネク構成例(タイプA)



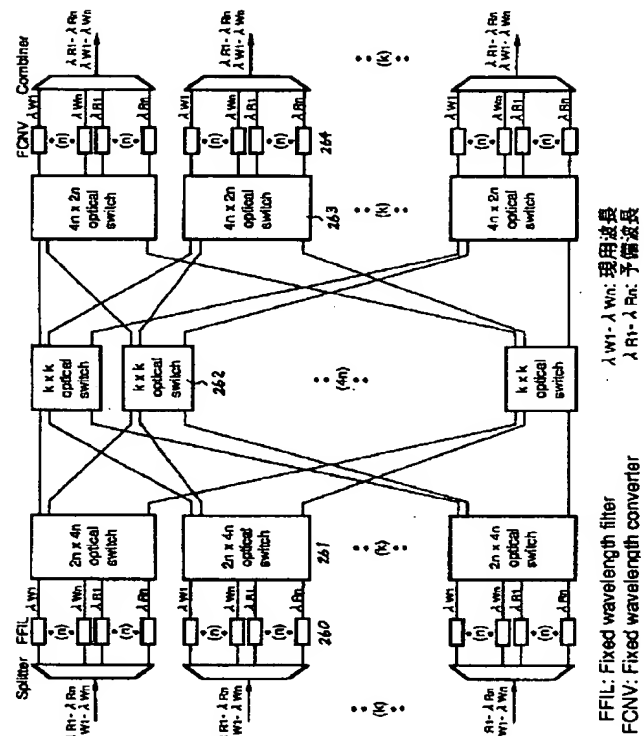
【図38】

従来の光クロスコネク構成例(タイプB-1)



【図 40】

従来の光クロスコネクタ構成例（タイプC）



技術表示箇所

K